स्क्रैमजैट : अन्तरिक्ष की यात्रा की लागत को कम करने के लिए इसरो की भविष्यवादी प्रौद्योगिकी

टी वी वेंकटेश्वरन

स्क्रैमजैट इंजन क्या होते हैं? वे पारम्परिक, एक बार इस्तेमाल करके फेंक दिए जाने वाले रॉकेट प्रक्षेपण यान से किस प्रकार भिन्न हैं? यह लेख पाठकों को इस नई प्रौद्योगिकी से अवगत कराता है और इससे पृथ्वी की निचली कक्षा में कम लागत वाले अन्तरिक्ष प्रक्षेपण दे पाने वाले उपयोग की पड़ताल करता है।



28 अगस्त 2016 को, भारतीय अन्तरिक्ष अनुसन्धान संगठन (इसरो) ने देश में ही बने दोहरी प्रणाली वाले रैमजेट [Dual Mode Ramjet (DMRJ)] स्क्रैमजैट इंजनों की उड़ानों का सफल प्रदर्शन किया। भारत भी अब, उपग्रहों जैसी अन्तरिक्ष की सम्पत्तियों को पृथ्वी की निचली कक्षा में छोड़ने के लिए भरोसेमन्द, सुरक्षित, किफ़ायती और दोबारा उपयोग किए जा सकने वाले प्रक्षेपण यान बनाने की खोज में लगे अगुआ देशों (अमरीका, रूस और यूरोप) की विशिष्ट मण्डली का सदस्य बन गया है।

मौजूदा प्रौद्योगिकी की सीमाएँ

मौजूदा प्रक्षेपण यान मुख्यतः कई चरणों वाले, बस एक बार उपयोग होने वाले हैं जो ऑक्सीकारकों को अपने साथ ले जाते हैं, और इन सब कारणों से ये ख़र्चीले, जोख़िम भरे और भारी-भरकम हो जाते हैं।

बॉक्स-1 : पृथ्वी की निचली कक्षा क्या है?

अधिकांश संचार उपग्रह, पृथ्वी की सतह से लगभग 36000 किलोमीटर ऊपर भू-समकालिक कक्षा [Geosynchronous Orbit (GSO)] में स्थापित हैं। इस ऊँचाई पर स्थापित उपग्रह पृथ्वी का एक चक्कर लगाने में लगभग 23 घण्टे 56 मिनट और 4 सैकेण्ड का समय लेगा जो कि पृथ्वी के नक्षत्र घूर्णन काल के बराबर होता है।

इसके विपरीत, ग्लोबल पोजीशनिंग सिस्टम (जीपीएस), रूसी ग्लोनास और कुछ अन्य अन्तरिक्ष परिवेश अनुसन्धान उपग्रहों को पृथ्वी की सतह से क़रीब 1200-35790 किलोमीटर दूर स्थित मध्यम भू कक्षा [Medium Earth Orbit (MEO)] में स्थापित किया गया है। एमईओ उपग्रहों की कक्षीय अवधि लगभग 2 से लेकर क़रीब-क़रीब 24 घण्टों तक की होती है।

लेकिन, अगर आप अन्तरिक्ष स्टेशन बनाना चाहें और लोगों को पृथ्वी से वहाँ लाना और वापस छोड़ना भी करना चाहें, तो आप यही चाहेंगे कि यह स्टेशन पृथ्वी के ज़्यादा क़रीब हो। यह बात सुदूर संवेदन उपग्रह पर भी लागू होती है, अगर आप पृथ्वी की सतह की क़रीब से तस्वीरें लेने में उसका उपयोग करने की योजना बना रहे हों तो। इसलिए इस तरह के उपग्रहों को आमतौर पर पृथ्वी की निचली कक्षा [Low Earth Orbit (LEO)] में स्थापित किया जाता है, जो पृथ्वी की सतह से लगभग 200-1200 किलोमीटर की दूरी पर है। यह उपग्रह पृथ्वी का एक चक्कर लगाने में लगभग 80 से 130 मिनट लगाते हैं।

उड़ान भरने से पहले रॉकेट के द्रव्यमान का लगभग 85-90% भाग प्रोपैलर (नोदक या आगे ढकेलने वाला) का होता है, और लगभग सिर्फ़ 1% द्रव्यमान पृथ्वी का चक्कर लगाने वाले उपग्रह का होता है। एक बार ईंधन के जलने के बाद बाक़ी चीज़ें, जिनमें सहयोगी ढाँचा, टैंक, पम्प, इंजन आदि होते हैं, अनुपयोगी हो जाती हैं। इस सारे अतिरिक्त भार को अन्तरिक्ष में ले जाने से बचने के लिए रॉकेटों में अक्सर कई चरण, या खण्ड होते हैं, और अपने-अपने उपयोग के बाद इनमें से हर एक गिरकर अलग हो जाता है। सामान्यतया, एक चरण-खण्ड में ईंधन के ख़त्म हो जाने के बाद, रॉकेट का वह चरण, उसकी खोल और मोटरों को महासागरों में फेंक दिया जाता है।

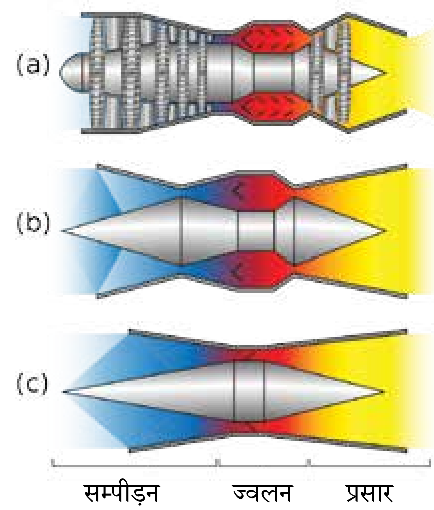
हर चरण के जल चुकने के बाद, उसे यान से अलग करना होता है, और अगले चरण को सुलगाना पड़ता है। यह प्रक्रिया, बिना चूक और देरी के, क्रमवार, हर चरण के साथ करना पड़ती है जिसके कारण वर्तमान प्रौद्योगिकी ख़र्चीली होने के साथ जोख़िम से भरी हुई भी है। जितने ज़्यादा चरण होंगे, असफल होने की उतनी ही अधिक गुंजाइश होती है। इस पूरे क्रम में छोटी-सी देरी या दुर्घटना तबाही कर सकती है। जनवरी 1986 में नासा के अन्तरिक्ष शटल चैलेंजर पर एक हादसा हुआ था, जिसमें सात अन्तरिक्ष यात्री मारे गए थे। इसने दुनिया को हिलाकर रख दिया था। यह हादसा इसलिए हुआ था क्योंकि दो चरणों को जोड़ने वाले रबर-ओ-रिंगस उन्हें पूरी तरह सील बन्द नहीं कर पाए थे।

अपने अन्तिम चरणों के सिवाय, जब कोई रॉकेट पृथ्वी के वायुमण्डल की कगार पर पहुँचता है, तो ऑक्सीजन प्रचुर मात्रा में उसे चारों ओर से घेर लेती है। इसके बावजूद, कई रॉकेट उनका अपना ईंधन और उसे जलाने वाले ऑक्सीकारक, दोनों को साथ लेकर चलते हैं। इससे उनकी संरचना भारी-भरकम और अप्रभावी हो जाती है, क्योंकि रॉकेट द्वारा पैदा किए गए धक्के का आधे से ज़्यादा हिस्सा ऑक्सीकारक को उठाने में चला जाता है।

अगर हम ऐसे पुनर्उपयोगी इंजन के साथ प्रक्षेपण यान बना सकते जो कम-से-कम पृथ्वी के सघन वायुमण्डल के भीतर की अधिकांश उड़ान के दौरान किसी तरह से वायुमण्डल की ऑक्सीजन का उपयोग कर लेता, तो अन्तरिक्ष में यात्रा करने की लागत बहुत हद तक घट जाती। इसलिए इस बात में कोई आश्चर्य नहीं होना चाहिए कि अन्तरिक्ष की यात्रा करने की क्षमता रखने वाले दुनिया भर के देश ऐसी प्रौद्योगिकी की तलाश में लगे हुए हैं।



चित्र-1 : स्क्रैमजैट इंजन का प्रक्षेपण
Credits: Scramjet engine gallery, ISRO. URL: http://www.isro.gov.in/launchers/scramjet-engine-td-gallery. License: Public Domain.



चित्र-2 : रैमजैट और स्क्रैमजैट दो प्रकार के विकसित जैट इंजन हैं। जैट इंजन के विपरीत, रैमजैट और स्क्रैमजैट इंजनों में कोई चलायमान भाग नहीं होता, और इसलिए, वे सुरक्षित होते हैं। तीनों प्रकार के जैट इंजन ज्वलन के लिए वायुमण्डल की ऑक्सीजन का प्रयोग करते हैं।
Credits: GreyTrafalgar, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbo_ram_scramjet_comparative_diagram.svg. License: Public Domain.

दोहरी प्रणाली वाले रैमजैट-स्क्रैमजैट इंजन क्या होते हैं?

एक साधारण जैट इंजन उसी सिद्धान्त पर काम करता है, जिस पर रॉकेट करता है, लेकिन इसके दो महत्त्वपूर्ण अपवाद हैं। जैट इंजन पुनर्उपयोगी होते हैं, और ईंधन जलाने के लिए वायुमण्डल की ऑक्सीजन का इस्तेमाल करते हैं।

जैट इंजन की डिज़ाइन काफ़ी सरल होती है। प्रचुर मात्रा में ऑक्सीजन से भरी वायुमण्डल की हवा को घूमने वाली (रोटरी) ब्लेडों

द्वारा दबाया जाता है और ज्वलन चैम्बर (combustion chamber) में लाया जाता है। इस गर्म, सम्पीड़ित (compressed air) हवा में ईंधन भर दिया जाता है ताकि वह जल सके, जिससे यह पूरा मिश्रण काफ़ी हद तक फैल जाता है। यह गैस बहुत तेज़ चाल के साथ निकास टोंटी (नॉजल) से बाहर निकलती है, जिससे वह धक्का पैदा होता है (न्यूटन के तीसरे नियम के अनुसार) जो जैट को ऊपर की ओर धकेलता है।

रैमजैट और स्क्रैमजैट, जैट इंजनों के ही ऐसे विकसित प्रकार हैं जिन्हें अन्तरिक्ष की उड़ानों के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। सबसे तेज़ जैट विमान क़रीब 0.8 किलोमीटर प्रति सैकेण्ड की चाल से उड़ सकता है, जबकि अन्तरिक्ष की उड़ान के लिए यह ज़रूरी है कि 8 किलोमीटर प्रति सैकेण्ड की चाल प्राप्त की जाए। ऐसा आवेग प्रदान कर सकने वाले जैट इंजन, रैमजैट कहलाते हैं। दूसरे शब्दों में, रैमजैट और ज़्यादा विकसित, हवा को भीतर खींचने वाले (air-breathing) ऐसे इंजन हैं जिन्हें ज्वलन चैम्बर में सम्पीड़ित हवा लाने के लिए रोटरी ब्लेडों की ज़रूरत नहीं पड़ती। इसकी बजाय, सम्पीड़ित हवा को ख़ासतौर से डिज़ाइन की गई प्रवेशिकाओं के द्वारा भीतर खींचा जाता है, और इसके साथ-ही-साथ, यान सुपरसॉनिक चाल से आगे बढ़ता जाता है। एक स्क्रैमजैट या "सुपरसॉनिक कम्बस्टिंग रैमजैट", रैमजैट का एक विकसित और अनूठा प्रकार है जो यही सिद्धान्त अपनाता है लेकिन हाइपरसॉनिक (सुपरसॉनिक से भी तेज़) चाल पर श्रेष्ठतम ढंग से काम करता है।

स्क्रैमजैट के उपयोग से जुड़ी चुनौती!

हालाँकि किसी स्क्रैमजैट की डिज़ाइन बड़ी ही सरल प्रतीत होती है, पर उसका परिचालन मुश्किल और प्रौद्योगिकीय रूप से चुनौतियों भरा होता है।

हवा को दबाने के लिए रोटरी ब्लेडों के न होने से, रैमजैट और स्क्रैमजैट, दोनों प्रकार के इंजन अपनी प्रवेशिकाओं के द्वारा भीतर आने वाली हवा को दबाने के लिए अपने सापेक्ष वेग का इस्तेमाल करते हैं। ज़मीन पर, प्रवेशिकाओं में आने वाली हवा का कोई उल्लेखनीय सापेक्ष वेग नहीं होगा। इसलिए, जिस तरह हम कमज़ोर बैटरी वाली कार का इंजन चालू करने के लिए उसे धक्का देते हैं, काफ़ी कुछ उसी तरह पारम्परिक रॉकेटों का उपयोग स्क्रैमजैट/रैमजैट यानों को अन्तरिक्ष में धकेलने के लिए किया जाता है। ये रॉकेट, यानों को बहुत जल्दी मैक 4 से भी ज़्यादा का प्रारम्भिक वेग प्राप्त करने में मदद करते हैं। एक बार वे हवा को दबाने के लिए ज़रूरी सापेक्ष वेग को प्राप्त कर लेते हैं, उसके बाद उनके स्क्रैमजैट/रैमजैट इंजनों को दहन द्वारा चालू किया जा सकता है। यह ज्वलन भी काफ़ी पेचीदा होता है - यह अगले कुछ मिलीसैकेण्डों के भीतर ही होना चाहिए। मैक 5 या 6 के वेग से बढ़ रहे किसी अन्तरिक्ष यान के ज्वलन चैम्बर में हवा के अशान्त प्रवाह को देखते हुए, विशेषज्ञ इस ज्वलन की तुलना किसी तूफ़ान के बीच माचिस की तीली जलाने से करते हैं।

और भले ही इस मिश्रण को सुलगाया जा सके, तो भी ईंधन जलाने के लिए लगने वाले समय की पूरी अवधि तक इस लपट को जलाए रखना एक दुष्कर कार्य है। यह लगभग वैसा ही है जैसे अपने हाथ में जलती मोमबत्ती लेकर पूरी तेज़ी-से भागना!

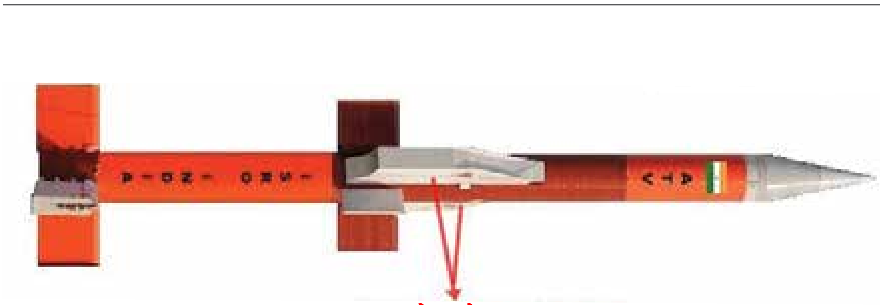
इतना ही नहीं। जब स्क्रैमजैट वायुमण्डल में हाइपरसॉनिक चाल से आगे बढ़ रहा होता है, तो हवा का सापेक्ष वेग इतना अधिक होता है कि वह हवा को भीतर लेते रहने की स्क्रैमजैट की क्षमता को प्रभावित करता है। किसी तेज़ी-से जाती बस की खिड़की में से अपना चेहरा बाहर निकालने की कल्पना करें, आपकी नाक से होकर जाते हवा के

बॉक्स-2 : मैक संख्या

मैक संख्या को किसी पिण्ड की चाल और उसके चारों ओर के माध्यम में ध्वनि की चाल के बीच के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है। इसे अक्सर किसी संख्या के साथ इस्तेमाल किया जाता है (जैसे कि मैक 1, मैक 2 इत्यादि) जो क्रमशः ध्वनि की चाल, ध्वनि की चाल से दोगुना आदि दर्शाता है।

सुपरसॉनिक चाल किसी वस्तु की रफ़्तार की उस दर को कहते हैं जब वह ध्वनि की चाल से अधिक तेज़ होती है (मैक 1)।

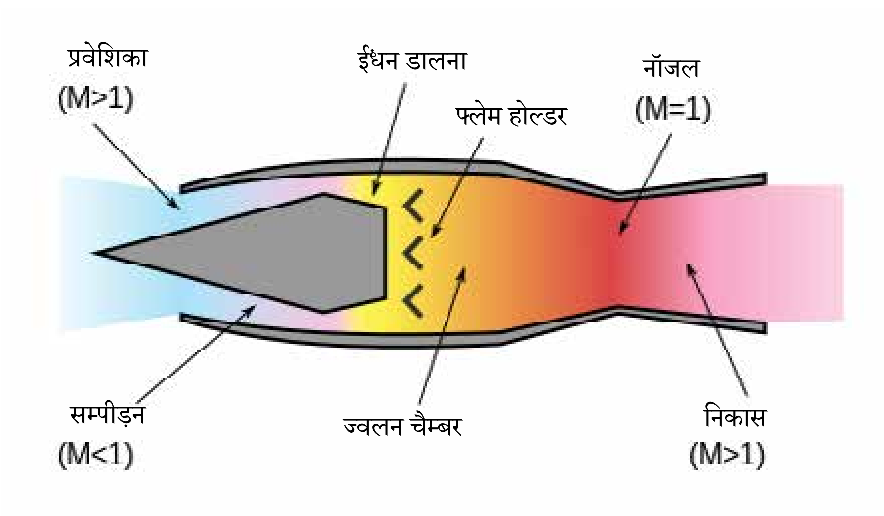
हाइपरसॉनिक चाल अत्यधिक सुपरसॉनिक चाल को कहते हैं - 1970 के दशक से, सामान्यतया यह माना जाता रहा है कि हाइपरसॉनिक चाल का मतलब मैक 5 और उससे अधिक है।



चित्र-3 : रोहिणी परिवार के रॉकेटों पर दो स्क्रैमजैट इंजनों को फिट किया गया था और फिर इसरो द्वारा इसका परीक्षण किया गया।

थपेड़े आपका साँस लेना मुश्किल कर देंगे। स्क्रैमजैट की डिज़ाइन ऐसी होना चाहिए कि प्रवेशिकाओं से हवा लगातार भीतर आती रहे, भले ही वेग कितना भी ज़्यादा हो।

रैमजैट-स्क्रैमजैट इंजनों को विकसित करके, उनका परीक्षण करके और उनकी डिज़ाइन में सुधार करके इन चुनौतियों से चरण-दर-चरण निपटा गया। इसरो ने शुरुआती प्रोपल्जन (प्रणोदन या धक्का) के लिए जाँचे-परखे, देश में ही तैयार किए गए तीन टन वाले रोहिणी परिवार के रॉकेट आरएच 560 को चुना। एटीवी-डी01 नाम के इस रॉकेट का पहली बार, मार्च 2010 में, परीक्षण किया गया था और तब इसने सात सैकेण्ड के लिए मैक 6 वेग बनाए रखा था। यह विश्लेषण करते समय स्क्रैमजैट के मॉड्यूल (इकाई) रॉकेट पर बँधे हुए थे, लेकिन इन मॉड्यूलों को सुलगाया नहीं गया था। इस परीक्षण ने दिखाया कि रोहिणी परिवार के रॉकेट रैमजैट/स्क्रैमजैट इंजनों को चालू करने के लिए ज़रूरी लगभग 80 किलोपास्कल का गतिशील दाब प्रदान करने में सक्षम थे। इसके बाद, 28 अगस्त 2016 के प्रारम्भिक घण्टों में, देश में बने दो दोहरी प्रणाली वाले रैमजैट-स्क्रैमजैट इंजनों को एक ठोस बूस्टर के साथ रोहिणी परिवार के दोहरे चरण वाले रॉकेट आरएच-560 पर बाँधा गया था। जब रॉकेट ने 20 किलोमीटर की ऊँचाई हासिल कर ली, तो स्क्रैमजैट इंजनों को चालू कर दिया गया, और उसकी लपट पाँच सैकेण्ड तक जली। इस परीक्षण की प्रारम्भिक पड़ताल ने दिखाया कि प्रोपल्जन तंत्र ने उड़ान की वांछित दशाओं को बनाए रखा, मैक संख्या (6+0.5) और गतिशील दाब (80+35 केपीए), दोनों के सन्दर्भ में। इसके अलावा, जैसी कि योजना थी, बूस्टर रॉकेट चरण के पूरा जलने और स्क्रैमजैट इंजनों के सक्रिय होने में 5 सैकेण्ड लगे। यह उड़ान के 55वें-60वें सैकेण्ड के दौरान, और 20 किलोमीटर की ऊँचाई पर हुआ। इसके बाद दूसरे चरण का जलना पूरा हुआ। ये दोनों बातें बताती हैं कि इसरो की दोहरी प्रणाली वाले रैमजैट-स्क्रैमजैट इंजनों के उड़ान रूप में भी अच्छे से काम करने की अपेक्षा की जा सकती है।



चित्र-4 : ज्वलन, लपट को बनाए रखना और सम्पीड़ित हवा के भीतर आने को सुनिश्चित करना स्क्रैमजैट के डिज़ाइन की कुछ बड़ी प्रौद्योगिकीय चुनौतियाँ हैं।

बॉक्स-3 : क्रायोजेनिक रॉकेट इंजन

क्रायोजेनिक रॉकेट इंजन वह होता है जो क्रायोजेनिक ईंधन या ऑक्सीकारक का उपयोग करता है, यानी, उसका ईंधन और/या ऑक्सीकारक बहुत कम तापमानों पर संग्रह की गई तरलीकृत गैस होते हैं।

भविष्य क्या है?

हालाँकि यह परीक्षण सफल रहा, लेकिन स्क्रैमजैट इंजनों को अर्जक भार (पेलोड) को अन्तरिक्ष ले जाने के लिए उपयोग किया जाने लगे, ऐसा होने के पहले हमें अभी मीलों और चलना बाक़ी है।

इसरो के सामने जो कुछ प्रमुख चुनौतियाँ हैं वे हैं सुपरसॉनिक कम्बस्टरों, हाइपरसॉनिक प्रवाह का अनुकरण करने के लिए गणना योग्य उपकरणों तथा बहुत तेज़ चालों पर होने वाले ज़बरदस्त कम्पन और बहुत ऊँचे तापमानों को झेलने में सक्षम नए पदार्थों की संरचना बनाना और उन्हें विकसित करना। दूसरी चुनौतियों में हाइपरसॉनिक इंजन द्वारा हवा को भीतर लेने, उड़ान की विभिन्न चालों के दौरान इंजन के प्रदर्शन और काम कर सकने की क्षमता, सही ताप प्रबन्धन, इंजनों के ज़मीनी परीक्षण इत्यादि को सुनिश्चित करना। उदाहरण के लिए, जहाँ वर्तमान परीक्षण का विश्लेषण सिर्फ़ लगभग मैक 6 की चाल पर किया गया था, वास्तव में इंजन का परीक्षण मैक 2-12 की बीच की विभिन्न चालों पर करने की ज़रूरत है। इसके अलावा, इस बात को ध्यान में रखते हुए कि गणकीय तरल यांत्रिकी उपकरण अभी हाल ही में परिपक्व हुए हैं, तो स्क्रैमजैट इंजनों की डिज़ाइन में सुधारों का परीक्षण प्रयत्न-त्रुटि पद्धति से ही किया जा सकता है। यह बात इस तथ्य से और पेचीदा हो जाती है कि दूसरे देश स्क्रैमजैट इंजनों

के बारे में उनके तकनीकी ज्ञान को इसरो से बाँटना नहीं चाहते क्योंकि इसे रणनीतिक प्रौद्योगिकी के रूप में देखा जाता है। इसका मतलब यह हुआ कि इसरो को अपना ख़ुद का पुनर्उपयोगी प्रक्षेपण यान बनाने के लिए स्वदेशी कार्यक्रम शुरू करना पड़ेगा।

अवतार नाम की इसरो की परियोजना का लक्ष्य है ऐसा रॉकेट विकसित करना है जिससे स्क्रैमजैट इंजन को अन्तरिक्ष में प्रक्षेपित किया जा सके। ये रॉकेट ऐसा होना चाहिए जो किसी लॉन्च पैड से लम्बवत ऊपर जा सके (पारम्परिक रासायनिक बूस्टर रॉकेट की मदद से), सुपरसॉनिक चाल से ऊँचा उठता जाए, स्क्रैमजैट इंजन को चालू करे और उसे पृथ्वी की निचली कक्षा की ओर प्रक्षेपित करे और वहाँ अन्तरिक्ष का पेलोड पहुँचाए, और फिर किसी हवाई पट्टी पर साधारण विमान की तरह उतर जाए। इस पूरी परियोजना की आकलित निर्माण लागत 35 करोड़ है, जिनमें से तीन करोड़ अगस्त 2016 में हुए परीक्षण पर ख़र्च किए गए थे।

जहाँ इसरो का लक्ष्य अन्ततः कक्षा तक एक चरण (एसएसटीओ) वाले प्रक्षेपण यान का उपयोग करना है, फ़िलहाल उसे कक्षा तक दो चरण (टीएसटीओ) वाले प्रक्षेपण यान का उपयोग करना स्वीकार्य है, जिसमें पहला चरण हवा को अन्दर खींचने का होता है। दूसरे चरण में, वांछित पृथ्वी की निचली कक्षा तक पेलोड को ले जाने के लिए एक निम्नतापिकी (क्रायोजेनिक) मोटर का उपयोग किया जाएगा। इसरो का इरादा टीएसटीओ के पहले चरण को पुनर्उपयोगी बनाना और उपग्रहों के प्रक्षेपण की लागत को आधा करना है।

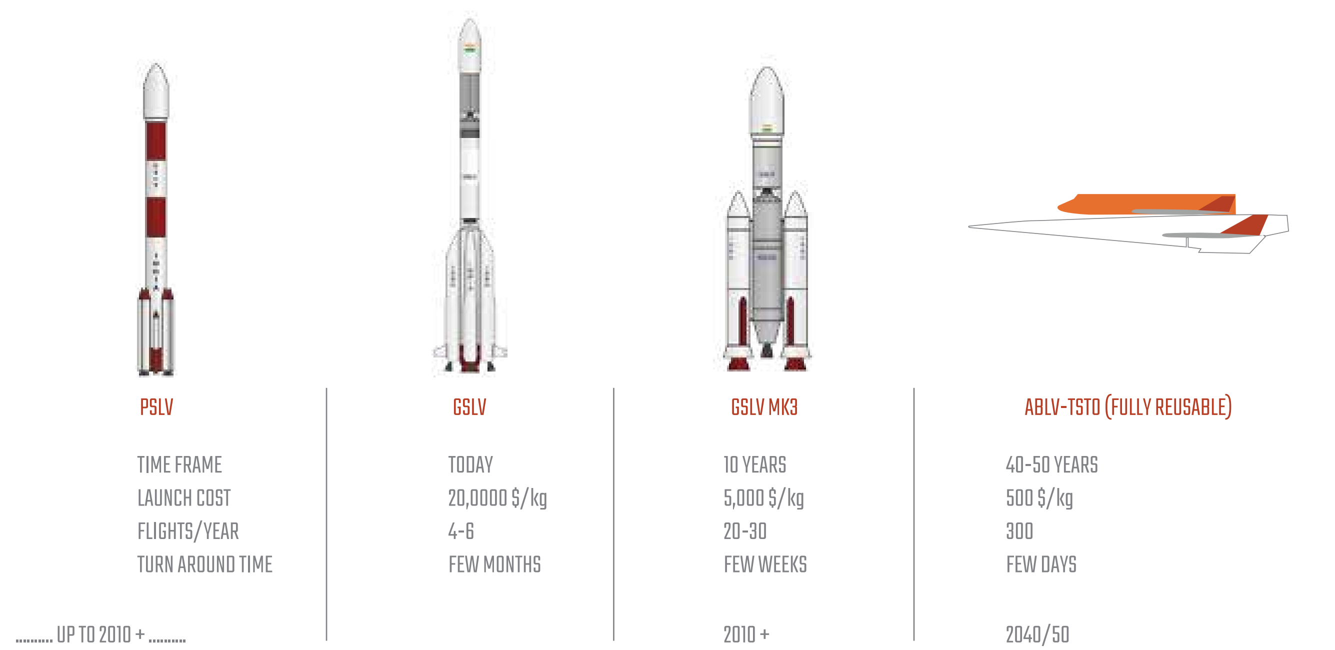
23 मई 2016 को, इसरो ने एक हाइपरसॉनिक उड़ान का प्रयोग (या एचईएक्स1) किया जिसमें 'स्वदेशी अन्तरिक्ष शटल' नामक पुनर्उपयोगी प्रक्षेपण यान (आरएलवी) का प्रायोगिक तौर पर प्रक्षेपण किया गया, और आरएलवी से जुड़े, यान पर स्थापित मार्गदर्शक कम्प्यूटरों और ताप अवरोधी टाइलों के प्रदर्शन की जाँच की गई। परीक्षण उड़ान के अन्त में, यह अन्तरिक्ष यान बंगाल की खाड़ी में उतर गया। अगले प्रयोग में, जिसका नाम लैण्डिंग ऐक्सपेरीमेंट (उतरने का प्रयोग या एलईएक्स) है, इसरो एक तदनुकूल हवाई पट्टी पर आरएलवी को उतारने का प्रयास करेगा। यह हवाई पट्टी श्रीहरिकोटा हाई ऐल्टीट्यूड रेंज में बनवाई जाएगी। इसके बाद, आरएलवी और रोहिणी-स्क्रैमजैट मॉड्यूलों को एक ही मिशन में समाहित कर दिया जाएगा, और वापसी की उड़ानों के प्रयोग (आरईएक्स) के लिए ये स्क्रैमजैट इंजनों द्वारा लगातार संचालित होते रहेंगे। वायुमण्डल के परे, प्रणोदन के लिए आरएलवी को पाँच अर्ध-क्रायोजेनिक इंजनों के साथ फिट कर दिया जाएगा। इन सभी चरणों का परीक्षण हो जाने, और एक-दूसरे के साथ दोषरहित ढंग से समेकित किए जाने के बाद ही इस तंत्र को पेशेवर प्रक्षेपण के लिए इस्तेमाल किया जाएगा। इसरो द्वारा किए गए आकलन दर्शाते हैं कि हम साल 2030 के आस-पास, स्क्रैमजैट इंजनों वाले टीएसटीओ प्रक्षेपण यान का इस्तेमाल करके अन्तरिक्ष मिशन को अंजाम दे सकेंगे।

एक स्क्रैमजैट द्वारा संचालित आरएलवी पृथ्वी की निचली कक्षा तक क़रीब 10000-20000 किलोग्राम का पेलोड ले जा सकता है। जबकि सबसे ज़्यादा विकसित, पारम्परिक इसरो प्रक्षेपण यान जीएसएलवी एमके-3 सिर्फ़ 8000 किलोग्राम पेलोड ही ले जा सकता है, और स्पेसएक्स के प्रतिद्वन्द्वी फाल्कन 9 रॉकेट के इसी कक्षा तक 13000 किलोग्राम पेलोड ले जाने की सम्भावना है। ये भविष्यवादी पुनर्उपयोगी प्रक्षेपण यान हवा को भीतर खींचने वाले अपने प्रणोदन से अन्तरिक्ष के प्रक्षेपण को किफ़ायती बनाएँगे। वर्तमान में, जहाँ एक किलोग्राम पेलोड के प्रक्षेपण की लागत क़रीब 5000 अमरीकी डॉलर पड़ती है, इसरो का आकलन है कि उसका आरएलवी लागत को गिराकर 2000 अमरीकी डॉलर प्रति किलोग्राम कर देगा।

हालाँकि कुछ विशेषज्ञ इसरो की इस प्रसन्नता पर सवाल खड़ा करते हैं, और दावा करते हैं कि लागत में कमी का उनका विश्लेषण बहुत स्पष्ट नहीं है। 2006 के नासा के एक तकनीकी दस्तावेज़ में यह चेतावनी दी गई "आम धारणा यह है कि पुनर्उपयोगी और एक बार उपयोग होने वाले प्रक्षेपण यान के बीच चुनाव दरअसल पुनर्उपयोगी यान की कमतर आवर्ती लागतों और एक बार उपयोग किए जाने वाले यान की अनावर्ती लागतों के बीच अदला-बदली है।" औसतन, इस्तेमाल करके फेंके जाने वाले प्रक्षेपण यानों की विश्वसनीयता लगभग 95% है, जिसका मतलब है कि औसतन हर 20 में से 1 प्रक्षेपण यान विफल हो जाता है। लेकिन, पुनर्उपयोगी प्रक्षेपण यान का सुरक्षित होना ज़रूरी है यदि उसे बनाने वालों को उसे विकसित करने के लिए ज़रूरी ज़्यादा निवेश को न्यायोचित ठहराना है। इसके अलावा, जब आरएलवी उड़ान भरेगा, अन्तरिक्ष में पहुँचेगा, और फिर पृथ्वी के वायुमण्डल में कई बार वापस दाखिल होगा, तो उसे विकसित क़िस्म की ताप प्रतिरोधी कवचों (शील्ड) की ज़रूरत पड़ेगी, जिससे यह परियोजना प्रौद्योगिकीय रूप से अधिक चुनौतीपूर्ण हो जाती है। नासा का दस्तावेज़ यह दावा करता है कि "पुनर्उपयोगी प्रक्षेपण यानों (आरएलवी) बनाम एक बार उपयोग किए जाने वाले प्रक्षेपण यानों (ईएलवी) की दशकों लम्बी बहस तार्किक बहस कम और उपयोग करके फेंके जाने वाले प्रचलित रॉकेटों की बजाय पुर्नउपयोगी प्रक्षेपण यान बनाने का दीर्घकालीन तर्क ज़्यादा रही है।"

लेकिन, इसरो द्वारा प्रस्तावित, एक बार उपयोग किए जाने वाले बूस्टरों और एक पुनर्उपयोगी यान का इस्तेमाल करने वाले

पुनर्उपयोगी संकर यान विकसित करने का अर्थशास्त्र काफ़ी अलग है। इसरो प्रमुख ए. एस. किरण अभी भी आशावादी हैं, और उनका कहना है, “सिद्धान्तः अगर लागत 50% भी कम हो जाती है, तो इसे करना चाहिए। इसे पुनः प्राप्त करने के संचालन और क्रियान्वयन इत्यादि को मद्देनज़र रखते हुए, यह जितनी भी लागत कम कर सके वही अच्छा होगा।”



चित्र -5 : स्क्रैमजैट इंजन, वर्तमान में लगे इसरो के प्रक्षेपण यानों में एक मूल्यवान वृद्धि है।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: US Air Force, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_X-51#/media/File:X-51A_Waverider.jpg. License: Public Domain.



डॉ. टी वी वेंकटेश्वरन विज्ञान प्रसार, विज्ञान व प्रौद्योगिकी विभाग, नई दिल्ली में वैज्ञानिक हैं। वे विज्ञान से जुड़े विषयों पर लिखते हैं। उन्होंने विज्ञान की 25 से भी ज़्यादा लोकप्रिय किताबें और 300 लेख लिखे हैं। वे विज्ञान के टीवी शो भी करते हैं, प्रशिक्षण कार्यक्रमों के लिए स्रोत व्यक्ति के रूप में उपलब्ध रहते हैं। उनसे tvv123@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : भरत त्रिपाठी